

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1937

THÈSE

N^o 591

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

Roger BRANDEL

Né le 3 août 1911, à Brest (Finistère).

Étude sur les Épreuves
Fonctionnelles respiratoires

Leur valeur pour l'appréciation
de l'aptitude à l'effort

Président : M. BEZANÇON, Professeur.

PARIS
AMÉDÉE LEGRAND, ÉDITEUR
93, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 93

1937

FACULTÉ DE MEDECINE DE PARIS

ANNÉE 1937

THÈSE

N°

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

Roger BRANDEL

Né le 3 août 1911, à Brest (Finistère).

Étude sur les Épreuves
Fonctionnelles respiratoires

Leur valeur pour l'appréciation
de l'aptitude à l'effort

Président : M. BEZANÇON, Professeur.

PARIS
AMÉDÉE LEGRAND, ÉDITEUR
93, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 93

1937

I. — PROFESSEURS

Anatomie	MM.	ROUVIÈRE.
Physiologie		Léon BINET.
Physique médicale		STROHL.
Chimie médicale		POLONOVSKI.
Bactériologie		Robert DEBRE.
Parasitologie et histoire naturelle médicale		BRUMPT.
Pathologie médicale et générale		BAUDOUIN.
Pathologie médicale		ABRAMI.
Pathologie chirurgicale		CHEVASSU.
Anatomie pathologique		ROUSSY.
Histologie		CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale		TIFFENEAU.
Thérapeutique		HARVIER.
Hygiène et médecine préventive		TANON.
Médecine légale		BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie		LAIGNEL-LAVASTINE.
Pathologie expérimentale et comparée		FISSINGER
Hydrologie thérapeutique et climatologie		Maurice VILLARET.
		LOEPER.
Clinique médicale	}	CARNOT.
		CLERC.
Hygiène et clinique de la première enfance		Marcel LABBE.
Clinique des maladies des enfants		LEREBOULLET.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale		NOBÉCOURT.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques		H. CLAUDE.
Clinique des maladies du système nerveux		GOUGEROT.
Clinique des maladies infectieuses		GUILLAIN.
		LEMIERRE.
Clinique chirurgicale	}	CUNEO.
		GOSSET.
Clinique ophtalmologique		GRÉGOIRE.
Clinique urologique		LENORMANT.
		TERRIEN.
Clinique d'accouchements	}	MARION.
		BRINDEAU.
Clinique gynécologique		COUVELAIRE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie		JEANNIN.
Clinique thérapeutique médicale		MOCQUOT.
Clinique oto-rhino-laryngologique		OMBRÉDANNE.
Clinique thérapeutique chirurgicale		RATHERY.
Clinique propédeutique		LEMAITRE.
Clinique de la Tuberculose		Pierre DUVAL.
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte		SERGENT.
Clinique cardiologie		BEZANÇON.
		MATHIEU.
		LAUBRY.
Professeurs sans chaire	}	HOVELACQUE.
		MULON.
		OLIVIER.
		VERNE.

II. — AGREGES EN EXERCICE

MM.	MM.
AMELINE Pathologie chirurgicale.	FUNCK Pathologie chirurgicale.
BARIETY Pathologie médicale.	GALLIARD Parasitologie.
BÉNARD (Henri) Pathologie médicale.	GASTINEL Bactériologie.
BERNARD (Etienne) Pathologie médicale.	DE GAUDART D'ALLAINES. Pathologie chirurgicale.
BEZANÇON (Justin) Hydrologie.	GAYET Physiologie.
BOULIN Pathologie médicale.	DE GENNES .. Pathologie médicale.
BULLIARD Histologie.	GIROUD Histologie.
CATHALA Pathologie médicale.	HAGUENAU.... Pathologie médicale.
CHEVALLIER .. Pathologie médicale.	HALPHEN Oto-rhino-laryngologie.
COSTE Pathologie médicale.	HAZARD Pharmacologie.
DOGNON Physique.	HUGUENIN ... Anatomie pathologique.
FEY Urologie.	JOANNON Hygiène.



II. — AGREGES EN EXERCICE (Suite).

MM.
 LACOMME Obstétrique.
 LANTUEJOUL.. Obstétrique.
 LAROCHE (Guy) Pathologie médicale.
 LELONG Pathologie médicale.
 LEMAIRE Pathologie expérimentale.
 LEVEUF Pathologie chirurgicale.
 M^{lle} J. LEVY .. Pharmacologie.
 LEVY-VALENSI. Neurologie et Psychiatrie.
 MENEGAUX ... Pathologie chirurgicale.
 MOLLARET ... Pathologie médicale.
 MOREAU Pathologie médicale.
 MOULONGUET. Pathologie chirurgicale.
 MOUQUIN Pathologie médicale.

MM.
 OBERLING Anatomie pathologique.
 PETIT-DUTAILLIS.. Pathologie chirurgicale.
 PIEDELIEVRE.. Médecine légale.
 PORTES Obstétrique.
 RENARD Ophtalmologie.
 RICHET Physiologie.
 SANNIE Chimie biologique.
 SENEQUE Pathologie chirurgicale.
 TROISIERS Pathologie expérimentale.
 TURPIN Pathologie médicale.
 VIGNES Obstétrique.
 WILMOTH Pathologie chirurgicale.

III. — AGREGES RAPPELES A L'EXERCICE

pour le service des examens

MM.
 ALGLAVE Pathologie chirurgicale.
 BUSQUET Pharmacologie.
 CHAILLEY-BERT Physiologie.
 GUENIOT Obstétrique.
 LARDENNOIS . Pathologie chirurgicale.

MM.
 LEROUX Anatomie pathologique.
 NEVEU-LEMAIRE Parasitologie.
 PHILIBERT ... Bactériologie.
 VAUDESCAL .. Obstétrique.

IV. — AGREGES CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

à titre permanent

MM.
 ALAJOUANINE.
 AUBERTIN.
 BRULÉ.
 CHABROL.
 CHIRAY.
 DONZELOT.
 DUVOIR.
 LIAN.
 PASTEUR-VAL-
 LERY-RADOT.
 SÉZARY. } Clinique médicale.

MM.
 BASSET.
 BROcq.
 CADENAT.
 GATELLIER.
 HEITZ-BOYER.
 MOURE.
 QUÉNU.
 SCHWARTZ.
 VELTER. } Clinique chirurgicale.

MM.
 ECALLE.
 LE LORIER.
 LEVY-SOLAL.
 METZGER. } Clinique obstétricale.

V. — CHARGES DE COURS

MM.
 CHAILLEY-BERT, agrégé. Education physique.
 LEDOUX-LEBARD Radiologie clinique.
 PHILIBERT, agrégé Microbiologie.
 RUPPE Stomatologie.
 WEIL-HALLE Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MA MERE

A MON PERE

A MA FEMME

A MA FILLE

A MON FRERE

A MA FAMILLE

A TOUS CEUX QUI ME SONT CHERS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR BEZANÇON

Membre de l'Académie de Médecine.
Professeur de la Clinique de la Tuberculose
à la Faculté de Médecine de Paris.

*Qui nous a fait le très grand honneur de
présider notre thèse.*

A MES MAITRES

MONSIEUR LE DOCTEUR LOUIS RAMOND

Médecin de l'Hôpital Laënnec.

MONSIEUR LE DOCTEUR RENÉ BENARD

Médecin de l'Hôpital Laënnec.

A TOUS MES MAITRES DES HÔPITAUX DE PARIS

AVANT-PROPOS

On sait depuis LAVOISIER que l'acte essentiel de la vie est une combustion, donc l'absorption d'oxygène et le rejet de gaz carbonique. Chez les animaux supérieurs, cet acte est la fonction respiratoire à laquelle se trouve annexée la fonction circulatoire. L'oxygène étant absorbé au niveau d'organes spéciaux, les poumons, il est ensuite distribué aux tissus par la circulation sanguine.

La fonction respiratoire dans son sens large comprend un certain nombre d'actes successifs : le passage de l'air par les voies respiratoires supérieures, sa pénétration dans les poumons, son absorption par les capillaires pulmonaires, sa fixation sur l'hémoglobine du sang, sa libération au niveau des tissus, sa combustion dans les cellules, puis le rejet du gaz carbonique dans le sens inverse passant par les mêmes étapes à peu près.

Dans un sens notablement plus étroit, on entend par respiration les mouvements de dilatation et d'affaïssement du thorax, constituant l'acte inspiratoire et l'acte expiratoire. Pendant très longtemps, on s'est attaché à la seule étude de cette mécanique respiratoire pour évaluer toute la fonction.

Au début même de ces recherches, débuts qui s'il-

lustrant par le nom de LAENNEC, la conformation statique du thorax servait de base à l'évaluation de la fonction respiratoire.

Les études cinétiques de la mécanique respiratoire, ainsi que la mesure du volume des gaz entrant en jeu, constituent encore actuellement l'essentiel des épreuves de la fonction respiratoire. On voit cependant de plus en plus venir le temps où ces procédés sommaires seront remplacés par des méthodes plus précises où l'on tiendra compte d'une respiration d'une conception plus large.



Le présent travail ne se propose pas d'étudier le problème ni au point de vue physiologique ni au point de vue pathologique. Nous voudrions, en passant en revue les différentes épreuves en usage, envisager leur valeur en vue de la sélection des sportifs, des soldats ou des ouvriers dont le travail nécessite un certain effort physique.

Nous allons tout d'abord résumer sommairement les notions actuelles sur la fonction respiratoire (Chap. I.) et sur ce qu'on appelle couramment l'effort physique (Chap. 2.). Après ces données préliminaires, nous passerons aux méthodes : méthodes statiques (Chap. 3.), méthodes cinétiques (Chap. 4.), méthodes spirométriques (Chap. 5.) et enfin les méthodes métaboliques (Chap. 6.). Pour chaque catégorie de méthodes, nous donnons le principe, les di-

verses formes d'exécution, puis la valeur et la critique du procédé.

Les méthodes étant ainsi envisagées, nous étudierons leurs applications dans l'armée (Chap. 7.), chez les sportifs (Chap. 8.) et enfin dans la médecine préventive (Chap. 9.).

Une telle étude rapide, ne peut avoir la prétention de faire connaître les méthodes, elle permet peut être de voir clair dans leur multitude un peu confuse et choisir celle qui convient le mieux pour chaque cas.

I

LA FONCTION RESPIRATOIRE

Nous avons vu il y a un instant combien la fonction respiratoire est complexe si on la prend dans son sens large, le seul logique. Cependant, la tradition veut que la fonction circulatoire soit envisagée séparément de la respiration. De cette façon, l'acte respiratoire est coupé en deux temps distincts : la respiration au niveau des organes respiratoires et la respiration tissulaire.

Nous empruntons les données ci-dessous à la remarquable monographie de DAUTREBANDE où l'on trouvera tous les détails. Nous nous occuperons donc successivement de la respiration pulmonaire et de la respiration tissulaire.

a) *La respiration au niveau des poumons.*

On connaît depuis longtemps les principaux faits qui se passent au niveau des voies respiratoires. Les muscles dits respiratoires, en se contractant, augmentent la capacité thoracique. Le poumon étant maintenu contre la paroi thoracique grâce à la pression négative intra-pleurale, il se dilate et appelle l'air extérieur à travers les voies respiratoires supérieures. Puis, la contraction se relâche, le thorax revient sur

lui même, effaçant le poumon et exprimant une partie de son contenu aérien.

La respiration ne peut se faire que grâce à la contraction musculaire. Si celle-ci est rendue impossible, la respiration s'arrête à moins qu'on ait recours à la respiration artificielle. Le mécanisme nerveux réflexe qui régit la respiration pulmonaire a été étudié par un nombre extrêmement considérable de physiologistes et l'on peut dire qu'aujourd'hui, surtout depuis la découverte du sinus carotidien, peu de faits nous échappent complètement.

Selon la loi formulée par BREUER et HERING, l'inspiration appelle l'expiration et l'expiration appelle l'inspiration. Cet appel réciproque se fait par une régulation nerveuse et chimique extraordinairement complexe et précise. Lorsque l'oxygène parvenu dans la cavité alvéolaire atteint une pression suffisante pour être absorbé par la muqueuse, la sensibilité chimique de cette muqueuse déclenche le réflexe qui commande l'expiration. Inversement, lorsque la pression alvéolaire d'oxygène baisse, il se fait une commande nerveuse d'inspiration.

Par ailleurs, la teneur du sang en anhydrique carbonique déclenche également des réflexes. Cette substance, véritable « hormone de la fonction respiratoire » excite cette fonction. L'excitation se ferait classiquement par la stimulation directe des centres bulbaires, mais on tend à admettre aujourd'hui que c'est la zone réflexogène sino-carotidienne qui se trouve impressionnée.

De notre point de vue, ce qui importe c'est que l'amplitude et le rythme respiratoires sont conditionnés par une série de facteurs :

- la conformation et la capacité thoraciques;
- la force musculaire des muscles respiratoires;
- le fonctionnement correct des mécanismes nerveux;

b) *La respiration cellulaire.*

Au niveau des alvéoles, l'oxygène est absorbé lorsque sa pression intra-alvéolaire est supérieure à celle de l'oxygène du sang. Après sa pénétration dans le sang, ce gaz se dissout dans une certaine proportion dans le plasma, mais se fixe surtout sur l'hémoglobine des globules rouges. Puis la circulation artérielle distribue l'oxygène à tous les tissus au sein desquels il est capté par les cellules, grâce à des relations de pression également. L'oxygène est utilisé ensuite par la cellule pour ses combustions et le résultat de cette combustion — le gaz carbonique — est repris par le sang veineux, ramené aux poumons où il est éliminé lors de l'acte expiratoire.

Entre l'inspiration et l'expiration se placent donc une série de phénomènes circulatoires et cellulaires qui ont sur la respiration pulmonaire une influence considérable. Les modalités les plus mécaniques de la respiration sont sous la dépendance de la façon dont l'oxygène est utilisé par les tissus. Nous verrons l'importance de cette notion pour les épreuves fonctionnelles de la respiration.

Les épreuves actuellement utilisées nous renseignent en effet si le ventilateur pulmonaire fonctionne bien mais elles laissent complètement dans l'ombre la question de la bonne ou de la mauvaise utilisation de l'oxygène fourni par ce ventilateur. Or, un individu peut avoir un thorax puissant, à grande amplitude et avoir un grave défaut de respiration tissulaire. Sa résistance à l'effort sera minime, bien que toutes les épreuves soient excellentes.

II

L'EFFORT PHYSIQUE

Tout effort s'accompagne de phénomènes respiratoires, même l'effort intellectuel. Les recherches des psycho-physiologistes ont en effet montré que l'attention est caractérisée par une immobilisation respiratoire. Le sens de cette apnée nous échappe encore, mais il est vraisemblable qu'elle a pour but la constitution d'une réserve d'oxygène nécessaire à l'accomplissement d'un acte.

Nous n'envisageons ici que l'effort physique, accompli en vue de fournir un travail musculaire. Il se caractérise au point de vue respiratoire par une inspiration profonde, suivie de la fermeture de la glotte. L'air se trouve ainsi sous pression dans le poumon. Les muscles thoraciques et abdominaux sont fortement contractés, ainsi d'ailleurs que la plupart des muscles des membres. Lorsque l'effort cesse, il y a un relâchement brusque de l'air et l'expiration s'accompagne souvent de l'émission d'un son. Ce schéma de l'effort peut revêtir des formes différentes et nous distinguerons, avec BELLIN du COTEAU qui les a étudiées chez les sportifs, trois efforts principaux :

- a) l'effort intense rapide;
- b) l'effort intense et prolongé;
- c) l'effort relatif.

a) *L'effort intense.*

Le type de cet effort serait celui fourni par la course à pied sur la distance de 100 mètres. On sait que cette distance est parcourue en 11 à 12 secondes, donc à la vitesse de 9 mètres à la seconde.

Pour se lancer à cette vitesse considérable, « l'homme exécute quelques inspirations profondes. Ces inspirations ont deux raisons : 1° une raison chimique : emmagasiner l'oxygène nécessaire à l'hématose, 2° une raison physique : la constitution du point fixe permettant aux muscles de mouvoir les leviers osseux. » (BELLIN DU COTEAU).

Cet effort continue pendant le départ et la course, puis s'exagère avant l'arrivée au but. A ce moment-là, l'effort cesse brusquement en une expiration violente. Il est suivi d'une phase de polypnée, sous l'influence de l'acide carbonique accumulé.

b) *L'effort intense et prolongé.*

Le type de cet effort est la course à pied de 400 mètres. Sur cette distance dont le parcours nécessite au moins 48 secondes, il ne peut être question de rester en état d'apnée. Aussi, après un effort semblable au précédent, le coureur a atteint à peu près 200 à 250 mètres. A ce moment-là l'accumulation d'anhydride carbonique incite impérieusement à

exécuter un nouveau mouvement respiratoire. Il respire donc à nouveau, mais son rythme tend de plus en plus à s'accélérer. Cette accélération est progressive et on n'arrive à réduire le rythme convenablement qu'à la suite d'un long entraînement.

Cette éducation respiratoire est l'essentiel de l'entraînement des sportifs. D'ailleurs, à mesure que les procédés scientifiques sont introduits dans cet entraînement, on modifie le rythme des athlètes pour rendre celui-ci compatible avec le travail musculaire. Il en est ainsi par exemple dans la natation où le « crawl » ne peut s'exécuter efficacement qu'à la suite d'une longue éducation du rythme respiratoire.

c) L'effort relatif.

Dans les courses à pied de longue distance où l'effort doit durer plusieurs minutes, l'essentiel est d'arriver à un rythme respiratoire régulier et aussi lent que possible. On n'y arrive qu'à la suite d'un entraînement très long. En effet, plus l'effort musculaire se prolonge plus le besoin d'oxygène augmente. Le gaz carbonique excite le centre respiratoire, ce qui amène une accélération progressive du rythme. Celle-ci finirait par compromettre la possibilité du travail musculaire si l'individu n'y remédiait pas en réglant sa respiration qui doit être ample, et régulière.

Le problème est encore plus difficile dans les efforts dits surprolongés, comme l'épreuve du « Marathon » sur la distance classique de 42 kilomètres.

Il nous semble, soit dit en passant, que de telles épreuves sortent nettement du cadre de l'éducation physique et ne peuvent être tentées que par des individus exceptionnels. Ce qui importe, en tout cas, c'est d'assurer un équilibre entre les besoins respiratoires accrus et les conditions physiques nécessaires au travail musculaire.

En somme, dans l'effort, caractérisé par les besoins d'oxygène supra-normaux de l'organisme, la mécanique respiratoire doit jouer à plein rendement. *Ceci n'est possible que si la capacité pulmonaire est suffisante.* Au-dessous d'une certaine capacité, l'accélération devient progressive et va bientôt rendre l'effort impossible. Insistons dès maintenant sur le fait que la respiration cellulaire, réglant les possibilités énergétiques de l'organisme intervient également dans une mesure plus importante qu'on ne l'admet généralement.

III

ÉPREUVES RESPIRATOIRES STATIQUES

Les épreuves statiques ne sont presque pas des épreuves fonctionnelles. Elles étudient la morphologie thoracique et la ramènent à la constitution générale. Elles sont presque du domaine de l'anthropométrie et disons d'emblée, bien que dans l'armée on leur attribue une grande valeur, qu'elles fournissent peu de renseignements sur l'aptitude du sujet à l'effort.

C'est LAENNEC qui semble avoir pratiqué les premières mensurations thoraciques afin de comparer les deux hémithorax. L'étude des périmètres thoraciques a été faite ensuite par HIRTZ et par WOILLEZ. Les mensurations diamétriques ont été inaugurées par CHOMEL, tandis que la reproduction des contours du thorax a été inventée par BOUVIER.

Tous ces auteurs poursuivaient avant tout un but pathologique, en particulier l'étude de la prédisposition à la tuberculose pulmonaire. Cependant, dès 1845, les mensurations thoraciques ont été adoptées par le Conseil de Santé des Armées pour évaluer la valeur physique des conscrits.

Nous allons rapidement passer en revue les divers procédés :

a) *Mesure des périmètres.*

Elle consiste à mesurer chez le sujet debout les périmètres moyens (valeur intermédiaire entre celle en inspiration et celle en expiration) suivants :

- 1° périmètre axillaire;
- 2° périmètre mamelonnaire;
- 3° périmètre sterno-xiphoïdien;
- 4° périmètre abdominal.

Le ruban métrique symétrique permet d'étudier séparément les deux hémithorax. THOORIS a insisté sur le périmètre abdominal, très important chez les sujets à respiration abdominale prédominante.

b) *Mesure des diamètres.*

A l'aide d'un compas d'épaisseur ou d'un appareil spécial (ainsi le thoracomètre à cadran variable de CHÉRON) on mesure les diamètres suivants :

- 1° diamètre antéro-postérieur;
- 2° diamètre transverse maximum;
- 3° diamètres obliques.

c) *Reproduction de la section du thorax.*

A l'aide du cyrtomètre de WOILLEZ, on peut relever le contour du thorax à différents niveaux. En dehors de l'appréciation purement qualitative de l'image ainsi fournie, on peut mesurer la surface de la section en centimètres carrés (FOURMENTIN).

C'est avant tout MAUREL qui a étudié cette méthode à laquelle il a donné le nom de stéthométrie. Il prend le contour à l'aide de son stéthographe, le reproduit sur un papier quadrillé et calcule ainsi facilement la surface.

Aucune de ces méthodes ne donne une idée suffisante de la fonction respiratoire. Elles sont toutes faussées par des erreurs techniques, telles que le rôle des parties molles (les sujets gras étant avantagés), la position du bras, la difficulté des repères et du maintien de l'horizontalité.

En dehors de ces erreurs, on peut objecter que ces méthodes jugent avantageux les thorax rigides et larges, comme celui des emphysémateux et déprécient les thorax longs pouvant fonctionner aussi bien et même mieux que les larges. *Ce qui importe, c'est le volume du thorax et non pas sa largeur.* Enfin, ces chiffres n'ont de la valeur que rapportés à la constitution générale de l'individu, à sa taille, son poids, etc. Nous verrons qu'on a essayé de constituer des indices afin de tenir compte de tous ces éléments.

IV

EPREUVES CINETIQUES

Pour répondre aux objections formulées à propos des méthodes purement statiques, on a imaginé des méthodes qui tiennent compte des mouvements respiratoires. Ces dernières, bien que consistant en des mensurations thoraciques, sont en effet déjà de véritables épreuves fonctionnelles, tandis que les procédés statiques ne peuvent guère être considérés que comme des relevés anthropométriques. Nous verrons cependant que ces épreuves cinétiques n'échappent pas à toutes les critiques que nous avons adressées aux procédés étudiés au chapitre précédent.

Il existe essentiellement deux procédés d'épreuves cinétiques : la mesure de l'ampliation thoracique et l'enregistrement des mouvements du thorax.

a) Mesure de l'ampliation thoracique.

L'ampliation du thorax est la différence entre les périmètres thoraciques maxima mesurés en inspiration et en expiration. La méthode a été inventée par HIRTZ en 1878.

La valeur normale de l'ampliation thoracique est de 7 centimètres. Chez certains sujets comme

les emphysémateux. elle peut baisser jusqu'à 3 et même en dessous.

On peut encore mesurer l'amplitude respiratoire par les variations du diamètre thoracique en inspiration et en expiration. Cette méthode a une sensibilité notablement inférieure à celle de la précédente.

b) *Pneumographie.*

La pneumographie, appelée encore stéthographie (à ne pas confondre avec la méthode de MAUREL vue précédemment) consiste à enregistrer les mouvements respiratoires. A l'aide de deux tambours récepteurs appliqués sur le thorax, les mouvements sont transmis à un tambour inscripteur qui les dessine sur un cylindre enregistreur.

On a ainsi une représentation graphique de la respiration, indiquant sa fréquence, son amplitude et surtout ses modifications dans diverses circonstances. C'est Paul BERT qui semble avoir inventé la méthode appliquée à l'étude de l'homme par SIMONIN et par d'HEUCQUEVILLE.

C'est certainement un excellent procédé d'étude renseignant sur le type respiratoire (costal supérieur, costal inférieur et abdominal) facile à apprécier selon la situation des tambours. Elle montre aussi les variations de la respiration dans diverses circonstances, en particulier dans l'effort. Néanmoins, cette méthode ne peut guère rendre service pour des épreuves en série et permet difficilement un procédé commode d'appréciation.

D'ailleurs toutes ces méthodes rencontrent encore l'objection qu'elles veulent mesurer la fonction respiratoire par les seuls mouvements thoraciques qui, comme on l'a vu et comme on le verra encore, ne constituent qu'un reflet infidèle de cette fonction.

METHODES SPIROMETRIQUES ET DERIVES

Afin d'éviter l'objection que nous venons de formuler et qui est valable pour toutes les méthodes qui ne tiennent compte que des expansions transversales du thorax, on a recours à la mesure de l'air inspiré par le poumon. Cette mesure se fait à l'aide d'un spiromètre dont le premier modèle a été inventé par HUTCHINSON en 1846. Ses applications ont été précisées par SPEHL et plus récemment par CHÉRON.

Dans l'air circulant dans les poumons, on distingue quatre constituants :

1° l'air courant, quantité d'air inspiré et expiré dans une respiration normale (500 cc.);

2° l'air complémentaire est celui qui peut être inspiré par une inspiration forcée (1.500 cc.);

3° l'air de réserve est celui qui est expulsé par une expiration forcée (1.500 cc.);

4° l'air résiduel est ce qui reste encore dans le poumon après une expiration forcée (1000 cc.).

Les trois premiers constituants : air courant, air complémentaire et air de réserve constituent ce qu'on appelle la capacité vitale ou capacité respira-

toire extrême. Par contre, la somme de l'air de réserve et l'air résiduel constituent la capacité pulmonaire, déterminée par la méthode des mélanges de GRÉHANT.

Certes, la spirométrie échappe à toutes les critiques qui ont pu être formulées pour les autres méthodes. On l'a cependant vivement critiquée (BOIET), en insistant sur la variabilité des réactions. En effet, le sujet doit s'exercer pendant un certain temps car ou bien il ne respire pas suffisamment ou bien il donne plus qu'il ne conviendrait. D'HEUCQUEVILLE recommande de pratiquer plusieurs séries d'examens et prendre la moyenne. SPEHL, par contre, prend toujours la plus grande valeur, ce qui, étant donné la définition de la capacité vitale, semble assez logique.

Quant aux critiques faites à l'appareil, nécessairement plus encombrant qu'un ruban métrique, il est difficile de les retenir. CHÉRON insiste sur l'élimination de toute résistance de l'appareil au passage de l'air.

Actuellement, la spirométrie, faite dans de bonnes conditions, constitue la meilleure méthode pour évaluer la grandeur de la respiration pulmonaire. Nous verrons que cette évaluation, bien que très importante, n'est pas suffisante. Voyons cependant, avant d'aller plus loin, quelques dérivés de la méthode spirométrique.

Certains auteurs ont pensé que ce qui importe, ce n'est pas la mesure de la capacité pulmonaire, mais

la force avec laquelle le poumon est capable de travailler. Tel est le principe du masque manométrique de PECH. Celui-ci donne en centimètres de mercure, la pression développée par la respiration.

Quant à la méthode d'Amar, mesurant l'intensité de la ventilation, elle est certainement très complète, mais pas assez simple pour l'usage courant.

VI

EPREUVES METABOLIQUES

On a vu qu'à mesure que la technique progresse, on tend à pénétrer de plus en plus dans l'intimité des processus respiratoires qui interviennent dans l'effort physique. Pour connaître l'aptitude à l'effort, il faut donc pouvoir mesurer ces processus.

L'effort équivaut à une dépense d'énergie. Or, l'énergie fournie par l'homme provient des combustions cellulaires qu'on peut mesurer en calories, correspondantes à la quantité d'oxygène absorbée et la quantité d'anhydride carbonique rejetée.

On sait que de telles mesures sont déjà pratiquées pour le métabolisme de base. Le métabolisme de base est le minimum d'énergie que nécessite juste l'entretien de l'organisme, sans qu'on fasse intervenir aucun effort musculaire ou organique. Le métabolisme de base correspond si l'on veut à l'air courant. Or, il semble bien qu'on possède un moyen de mesure énergétique qui correspond à ce qu'est la capacité vitale dans la spirométrie. Cette mesure est celle du métabolisme de sommet, préconisée par LEFÈVRE et par GIAJA. C'est la quantité d'énergie dépensée par un

effort maximal. Généralement, on la mesure en faisant faire un effort de thermogénèse, mais on pourrait la mesurer aussi par rapport à un effort physique.

L'avantage d'une telle mesure serait de pouvoir apprécier non seulement la mécanique de la respiration pulmonaire, mais aussi l'utilisation de l'oxygène absorbé. Les mesures de GIAJA montrent que cette utilisation a un maximum assez variable suivant les individus et pourrait ainsi fournir un indice organique de l'aptitude à l'effort.

Bien entendu, pour l'instant il s'agit d'une technique délicate qui ne saurait s'appliquer à des examens courants que sous une forme simplifiée.

VII

APPLICATIONS DANS L'ARMÉE

Les résultats des diverses épreuves respiratoires ont été appliqués depuis presque 100 ans dans l'armée, pour l'évaluation de la valeur physique des recrues. Au cours de très nombreuses évaluations, on s'est aperçu que les chiffres isolés ne fournissaient guère de résultats intéressants et susceptibles de servir de base à un classement rationnel. Aussi, très rapidement a-t-on eu recours à des indices plus ou moins complexes que nous allons envisager maintenant.

Voyons d'abord quelques indices simples qui entreront dans la composition des coefficients militaires.

Le rapport du poids à la taille constitue l'indice de corpulence.

Le coefficient thoracique d'Amar est le rapport de la taille assise à la taille totale. MANOUVRIER a insisté également sur un rapport entre la longueur des membres inférieurs et celle du buste.

Un coefficient extrêmement utilisé est le *coefficient de robusticité* qui est le rapport entre le périmètre thoracique maximum et la taille divisée par

deux. Ce coefficient doit être supérieur à l'unité selon les médecins militaires. En réalité, très peu de sujets satisfont à cette règle, de sorte qu'on l'a à peu près abandonnée.

L'indice de Pignet ou « valeur numérique de l'homme » est le suivant :

$$I = T - (R + P),$$

T étant la taille, R, le périmètre thoracique et P le poids du corps. Le sujet de constitution moyenne a un indice de 21 à 25.

Cet indice encore employé dans l'armée, favorise nettement les gros et petits par rapport aux grands et minces.

L'indice de Koby est le suivant :

$$I = \frac{a \times d}{T}$$

a est l'amplitude respiratoire, d la différence entre le périmètre thoracique moyen et le tour de taille, et T la taille.

Nous n'insistons pas sur les coefficients de MÉO et sur celui de RUFFIER. D'ailleurs, tous ces procédés, ainsi d'ailleurs que les coefficients de MAUREL, basés sur la surface de la section thoracique, sont entachés des erreurs inhérentes aux mesures purement morphologiques dans l'évaluation d'une fonction physiologique.

VIII

UTILISATION CHEZ LES SPORTIFS

Les épreuves de la fonction respiratoire se sont répandues depuis le grand développement des sports. Les sportifs, plus que les recrues peuvent constituer des sujets d'étude car on peut contrôler les données des méthodes avec les performances. La thèse de PERRET, en 1914, fournit à cet égard des renseignements très intéressants. Cet auteur a étudié la fonction respiratoire des sportifs de toutes les catégories à l'aide de mensurations thoraciques et par la spirométrie. Il conclut tout d'abord que les périmètres thoraciques ne fournissent aucun renseignement valable. Nombre d'athlètes ont un thorax allongé, souvent avec un périmètre au-dessous de la normale et leur capacité respiratoire n'en est pas moins supérieure à la normale. Un thorax long peut avoir une capacité vitale dépassant de beaucoup celle des thorax larges et courts.

La spirométrie, par contre fournit des données généralement concordantes avec les performances sportives. Encore faut-il distinguer les genres de sport qui demandent un effort intense et ceux qui deman-

dent un effort prolongé et relatif. Dans le premier cas, une grande capacité vitale est indispensable; dans le second, une capacité normale ou légèrement supérieure à la normale est suffisante.

Pour rendre la capacité vitale encore plus fidèle, SPEHL a établi un certain nombre de coefficients. Un premier coefficient est le rapport de la capacité vitale à la taille :

$$\frac{\text{C. V.}}{\text{T}}$$

il se stabilisera vers l'âge de 20 ans au chiffre 20.

Le rapport

$$\frac{\text{C. V.}}{\text{P}}$$

(P étant le poids du corps) est appelé indice d'endurance respiratoire car il donne la résistance de l'individu par rapport à son poids.

Le quotient vital est la combinaison des deux rapports précédents

$$\frac{\text{C. V.} \times \text{P}}{\text{T}}$$

Ce rapport rendrait assez exactement compte de la résistance de l'individu aux efforts.

Les épreuves basées sur la capacité vitale, expérimentées et contrôlées chez les sportifs semblent donc actuellement le mieux appropriées à l'évaluation de l'aptitude à l'effort. En effet, rien ne permet de mieux juger la valeur physique d'un individu que ses performances sportives.

Les vérifications effectuées sur les sportifs montrent nettement la supériorité de la spirométrie sur toutes les autres méthodes. Si l'armée, tout au moins pour l'examen des recrues, continue à avoir recours aux anciens procédés purement morphologiques, c'est pour des raisons de commodité.

En effet, autant la spirométrie est recommandée chez les sportifs habitués et bien éduqués, autant il serait impossible à l'appliquer correctement à l'étude des recrues. Pour cette dernière application, le procédé idéal reste donc encore à trouver.

IX

APPLICATION A LA MEDECINE PREVENTIVE

Les épreuves fonctionnelles respiratoires ont un intérêt incontestable en médecine. Les premières recherches ont été faites d'ailleurs afin de trouver les caractéristiques de la prédisposition à la tuberculose pulmonaire. Si l'étude morphologique du thorax permettait de tels diagnostics, la prophylaxie de la tuberculose pourrait faire un grand pas.

Certes, l'insuffisance respiratoire, les thorax étroits et peu amples facilitent les progrès de la tuberculose, mais on voit aussi des sujets à fonction respiratoire plus que satisfaisante faire des tuberculoses pulmonaires. Selon CORDIER, c'est encore le coefficient de SPEHL qui donnerait les résultats les plus concordants avec la clinique.

Au point de vue de l'hygiène, les épreuves respiratoires peuvent encore avoir un intérêt, en empêchant d'exposer à un effort trop intensif les individus qui n'y sont pas aptes.

Dans l'état actuel de nos connaissances, on ne doit plus faire du sport à l'aveugle. Le nombre sans cesse croissant des adeptes fait que la sélection s'impose.

Cette sélection est d'autant plus facile qu'il existe des sports pour tous les degrés de résistance. Le rôle d'un médecin attaché aux stades est d'orienter les sportifs vers l'exercice qui convient le mieux à leurs aptitudes. Nous avons vu des exemples de la nécessité d'une telle orientation dans la thèse de PERRET.

Ainsi, l'on évitera des surmenages qui, à la suite de certains exercices forcés et disproportionnés aux moyens du sujet peuvent avoir des conséquences pathologiques fâcheuses.

CONCLUSIONS

1° La respiration comprend deux actes distincts : la respiration pulmonaire et la respiration cellulaire. Seule la première est explorée couramment à l'aide des épreuves fonctionnelles, bien que l'importance de la seconde soit également considérable pour évaluer le rendement énergétique de l'organisme.

2° L'effort physique se caractérise par des modifications respiratoires. On peut évaluer l'aptitude à l'effort grâce à des épreuves fonctionnelles de la respiration.

3° Les épreuves statiques sont des mensurations purement morphologiques qui ne renseignent que fort imparfaitement sur la fonction respiratoire. Quant aux épreuves cinétiques, elles ne peuvent rendre compte de l'ampliation thoracique que dans la direction transversale.

4° C'est la mesure de la capacité pulmonaire, en particulier de la capacité vitale, qui renseigne le mieux sur la fonction respiratoire. Rapportée à la taille et au poids, la capacité vitale donne une mesure tout à fait exacte.

5° Pour avoir une idée plus complète de la résistance d'un sujet, il faudrait avoir recours à des mesures métaboliques, en particulier à celle du métabolisme du sommet.

6° Dans l'armée, pour l'examen des recrues, on emploie toujours les méthodes morphologiques, seules applicables à des sujets non exercés qui doivent être vus rapidement. Cependant, les études comparées sur des sportifs ont montré que seule l'exploration spirométrique peut fournir des renseignements intéressants.

7° L'étude de la fonction respiratoire a un gros intérêt prophylactique, pour la prédisposition à la tuberculose pulmonaire et pour l'orientation des sportifs qui, non dirigés peuvent s'exposer à des efforts disproportionnés à leurs moyens.

Vu :

LE DOYEN,
G ROUSSY

Vu :

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,
F. BEZANÇON.

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,
CHARLÉTY.

BIBLIOGRAPHIE

- AMAR. — Les lois scientifiques de l'éducation respiratoire. Paris, 1920.
- BELLIN du COTEAU. — Le livre du Sportsman. Paris, 1914.
- BOIET. — La capacité pulmonaire et les mesures spirométriques chez les tuberculeux. *Th. Paris*, 1905.
- CHÉRON. — Comment mesurer le thorax, la capacité respiratoire et ses constituantes. Paris 1932.
- CORDIER. — Eléments de pronostic dans la tuberculose pulmonaire tirés de quelques mensurations et coefficients. *Soc. Méd. des Hôpitaux de Lyon*.
- DAUTREBANDE. — Respiration pulmonaire et respiration cellulaire. Paris 1932.
- GIAJA (J.). — Le métabolisme de sommet et l'accomodation de la thermogénèse. *Paris Méd.*, 3 mai 1930.
- GREHANT. — Recherches physiques sur la respiration de l'homme. *Th. Paris*, 1869.
- HEUCQUEVILLE (Vigneron d'). — L'acte respiratoire. Essai sur la rééducation respiratoire. *Th. Paris*, 1910.
- HIRTZ. — De l'emphysème pulmonaire chez les tuberculeux. *Th. Paris*, 1878.
- LEFÈVRE. — Chaleur animale et bio-énergétique. Paris 1911.
- MAUREL. — Traité de l'Hypohématose. Toulouse 1890.
- PECH. — Masque manométrique, nouveau procédé pour l'étude des phénomènes physiques de la respiration. *Th. Montpellier*, 1918.
- PERRET. — Etude physiologique de l'effort athlétique. Rapports avec la respiration en particulier. *Th. Paris*, 1914.
- SIMONIN. — Essai de la stéthographie bilatérale. *Th. Lyon*, 1905.
- SPEHL. — La lutte contre la tuberculose pulmonaire. Bruxelles et Paris. 1919.
- THOORIS. — Mimique et morphologie. *Paris Méd.*, 1914.
- WOILLEZ. — Le spiroscope. *Acad. de Médecine*, 1875.

